

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 22420071150848

UDC\_\_\_\_\_

廈門大學

硕 士 学 位 论 文

NPZD 生态模型在北部湾的应用

The Application of NPZD Ecological Model  
in Tonkin Gulf

曾隆隆

指导教师姓名: 潘伟然 副教授

专 业 名 称: 物 理 海 洋 学

论文提交日期: 2014 年 05 月

论文答辩时间: 2014 年 05 月

学位授予日期: 2014 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2014 年 05 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外，该学位论文为( )课题(组)的研究成果，获得( )课题(组)经费或实验室的资助，在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。)

声明人(签名)：

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

(        )1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于  
年    月    日解密，解密后适用上述授权。

(        )2.不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年    月    日

# 目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 引言.....	1
1.1 研究意义.....	1
1.2 海洋生态动力学模型研究进展.....	2
1.3 北部湾自然地理、气候、水文概况.....	6
1.4 北部湾生态动力学及模型研究进展.....	8
1.5 研究内容和技术路线.....	11
第二章 模型与方法.....	13
2.1 北部湾三维海流模型介绍.....	13
2.2 NPZD 生态动力学数值模型.....	22
第三章 北部湾主要生态变量的分布特征.....	45
3.1 北部湾生态变量的平面分布特征.....	45
3.2 北部湾生态变量的断面分布特征.....	51
3.3 生态变量的时序变化特征.....	59
3.4 本章小结.....	63
第四章 关键界面过程对北部湾生态系统的影响.....	65
4.1 入海径流源强变化的影响.....	65
4.2 粤西沿岸水营养物质输入变化影响.....	85
4.3 本章小结.....	96
第五章 总结和展望.....	97

5.1 总结.....	97
5.2 工作展望.....	98
参考文献.....	99
致谢.....	107

厦门大学博硕士论文摘要库

# Contents

Abstract (Chinese) .....	I
Abstract (English) .....	III
Chapter 1 Introduction .....	错误！未定义书签。
1.1 Research Significance.....	错误！未定义书签。
1.2 The research progress of Marine ecosystem dynamics model	错误！未定义书签。
1.3 The natural geography, climate and hydrological situation of Tonkin Gulf.....	错误！未定义书签。
1.4 The research progress of Marine ecosystem dynamics and model in Tonkin Gulf.....	错误！未定义书签。
1.5 The research content and the technical route	错误！未定义书签。
Chapter 2 Model and method .....	错误！未定义书签。
2.1 Introduction of 3D current model of Tonkin Gulf	错误！未定义书签。
2.2 The NPZD ecological dynamic numerical model.....	22
Chapter 3 The distribution feature of ecological variables in Tonkin Gulf.....	错误！未定义书签。
3.1 The horizontal distribution characteristics of ecological variables in Tonkin Gulf.....	错误！未定义书签。
3.2 The sectional distribution characteristics of ecological variables in Tonkin Gulf.....	错误！未定义书签。
3.3 Time variation of ecological variables.....	59
3.4 Conclusion.....	63
Chapter 4 The influence of key interface on the ecosystem of	

<b>Tonkin Gulf</b> .....	<b>65</b>
4.1 The influence of in rivers discharge changing.....	65
4.2 The influence of Western Guangdong Coastal Water nutrients input changing.....	85
4.3 Conclusion.....	96
<b>Chapter 5 Summary and Outlook</b> .....	<b>97</b>
5.1 Summary.....	97
5.2 Future work.....	98
<b>References</b> .....	<b>99</b>
<b>Acknowledgements</b> .....	<b>错误！未定义书签。</b>

## 摘要

浮游生物是海洋生态系统食物链的基础。浮游植物作为生产者，吸收太阳辐射，将营养盐等无机物转化为有机物，为海洋生态系统奠定了物质循环和能量流动的基础。北部湾是我国四大渔场之一，渔业资源丰富，近年来经济发展迅速。系统地研究北部湾生态要素的时空分布特征，以及物理、界面过程在其中所起的作用和影响，可以为我国科学地开发、利用北部湾的生物资源提供理论依据，也可以为北部湾的环境保护提供理论支撑。

海洋生态系统的传统研究方式是现场调查和理论分析。海洋调查对人力物力的要求较高，加上观测因素的复杂性和观测条件的限制，现场调查难以获得海洋空间上同步的实测数据。理论分析试图通过数理方程组表达海洋生态系统的物理规律，但往往只能获得一些简化的理想状态的解析解。而海洋生态模型可以研究各种尺度海洋的生态过程变化规律以及物理过程对生态系统的强迫作用。

本文在三维水动力学模型的基础上，建立了一个描述多种生态变量调控的氮-磷营养盐循环的 NPZD 生态模型，通过模型的数值分析，认识北部湾浮游植物生物量、浮游动物生物量和营养盐等要素的季节分布特征，并研究关键界面过程对营养物质的输运及北部湾生态系统对其的响应。

研究发现，冬季在东北季风作用下，粤西沿岸水的营养盐经琼州海峡输送至琼州海峡西口至北部湾中部海域，造成该海域高营养盐、高叶绿素的分布。夏季，北部湾的营养物质主要来源于陆源径流的输送，河口区出现了叶绿素 a、浮游动物和营养盐的高值分布；夏季水温更适宜于浮游动物生长，浮游动物生物量明显高于冬季。冬季，由于对流混合充分，各种生态变量的垂直分布较均匀；夏季，垂向上则出现一定的层化现象，湾中部海域底层的营养盐浓度高于表层。受夏季表层低营养盐的限制，湾中部叶绿素 a 会在中层以深出现极大值。各海域代表站位生态变量的时序过程上，各生态变量的太阴日际变化与潮汐变化呈明显正相关，河口区的营养盐和 COD 跟潮汐特征则呈显著的负相关，说明其主要受陆源输送影响，而叶绿素 a 则更多受制于太阳辐射的日变化，呈现昼夜兴衰的格局，午时过强的太阳辐射则对表层浮游植物的生长产生了抑制作用。冬季，琼州海峡西口的营养盐和叶绿素主要受琼州海峡常流输送的制约，而湾中部和外海区域各



生态变量的日变化幅度则多受潮汐的影响。

河口区营养盐、叶绿素 a、COD 浓度的水平和高值范围，与径流陆源性污染负荷具有显著的正相关性。北部湾海域的污染负荷定量试验表明，粤西沿岸水的营养盐和 COD 浓度水平若增减 20%，将造成琼州海峡西口的无机氮在 0.04 mg/L 背景浓度的水平上相应增减约 0.01 mg/L，增减幅度约 25%；COD 从 0.3 mg/L 的背景浓度相应增减约 0.05 mg/L，增减幅度约 1/6。琼州海峡西口海域，广东沿岸水的营养盐和 COD 浓度若增 20%，浮游植物则增长约 10%；营养盐和 COD 浓度降低 20%，叶绿素浓度则约降低 10%。

**关键词：**北部湾；生态模型；营养盐；界面过程

## Abstract

Marine plankton is the foundation of food chain in marine ecosystem. As the primary producers, phytoplankton can turn the inorganic matter such as nutrients into organic matter by photosynthesis, which lays the foundation of energy flow and material cycle of marine ecological system. Tonkin Gulf is one of the Four Major Fishing Grounds in China and rich of fisheries resources. In recent years, Tonkin Gulf has a rapid development of economic. It is important to study the spatial and temporal distribution of ecological variables and the influence by physical and interface process in Tonkin Gulf, which can provide the theory basis for the scientific development and utilization of biological resources in Tonkin Gulf, and it also can provide theoretical support for environmental protection of Tonkin Gulf.

The traditional way to study marine ecosystem is field investigation and theoretical analysis. Field investigation needs much energy and money, and it is also difficult to obtain real-time and synchronous data due to the restriction of observation conditions. Theoretical analysis tries to express marine ecosystem by the mathematical equations, but we can only get some simplified analytical solution of the ideal state. However, marine ecosystem model can study the changing rule of the marine ecological process and the forcing effect of the physical processes on the ecological system.

Based on the three-dimensional hydrodynamic model, the study establishes a NPZD ecological model, which includes ten ecological variables, and it also contain nitrogen and phosphorus nutrient cycle. We will simulate the seasonal distribution characteristics of ecological variables such as phytoplankton biomass, zooplankton biomass and nutrients in Tonkin Gulf by numerical model, and discuss the effect of important interface on the transportation of nutrients and the response of Tonkin Gulf ecosystem.

The result shows that the high nutrients water of Guangdong nearshore will be transported to the west side of Qiongzhou Strait, even to the the central aera of Tonkin Gulf under the stress of strong northeast monsoon in winter , which makes high

nutrient and high chlorophyll a concentration in the region. As the nutrients of the Tonkin Gulf are mainly from the runoff in summer, the concentration of chlorophyll a, zooplankton and nutrients is high near the estuary region. Zooplankton biomass in summer is significantly higher than in winter because the high temperature in summer is more suitable for the growth of zooplankton. The vertical distribution of different ecological variables is more uniform in winter, while there is a certain degree of stratification in summer. Nutrients of the water in bottom layer are higher than in surface layer in the middle of the gulf. The maximum of chlorophyll a occurs in the middle layer, as a result of restricted surface low nutrients. According to the Time series analysis of the regional representative stations, the variation of tidal amplitude will have influence on the diurnal variation ecological variables. The diurnal variation of nutrients and Chemical Oxygen Demand(COD) near estuary area is mainly affected by the terrestrial transport, and chlorophyll a is mainly affected by diurnal variation of solar radiation. The growth speed of phytoplankton in the surface layer will become slowly in noon because the solar radiation is too strong. The nutrients and chlorophyll a near the west mouth of Qiongzhou Strait are mainly affected by the Qiongzhou Strait advection of nutrients and chlorophyll a. The diurnal variation of ecological variables will also be affected by the change of the tidal morphology outside the gulf and in the middle of the gulf.

With the increase of runoff nutrient load into the Tonkin Gulf, the concentration of nutrients, chlorophyll a and COD will become higher near the estuary area, and the high concentration region of ecological variables also grows more bigger. In this study, we conducted a numerical test by changing the concentration of nutrients and COD from the Guangdong coastal water. The result shows that if the concentration of nutrients and COD increased or decreased by 20%, the phytoplankton concentration will increase or decrease by 10% and inorganic nitrogen will increase or decrease by 25%, COD will increase or decrease by 1/6.

**Keywords:** Tonkin Gulf; Ecological Model; Nutrient; Interface Process

# 第一章 引言

## 1.1 研究意义

海洋是一个巨大的资源宝库，也是人类社会经济可持续发展的基础。我国沿海地区城市化程度高，人口密集，经济发达，占全国陆地面积 13% 的沿海经济带容纳着全国 40% 左右的人口，创造全国 60% 左右的 GDP，是我国经济发展的重要地带（赵晓涛等，2008）。

近些年来，随着经济的快速发展，我国沿海地区也面临着许多生态资源和环境问题。海湾生态系统严重失衡，生物多样性减少；海区富营养化日益加剧，赤潮、绿潮的频繁爆发；部分河口海湾地区低氧海区面积的扩大，底层海水溶解氧含量进一步降低；人们也逐渐认识到保护海洋环境的重要性，迫切地希望从科学的角度认识和利用海洋生态环境。

全球海洋生态系统动力学（Global Ocean Ecosystem Dynamics, GLOBEC）是全球变化和海洋可持续科学研究领域的重要内容，是当今海洋科学最为活跃的世界性前沿研究领域之一。其目标是：提高对全球海洋生态系统及其亚系统的结构和功能以及它对物理压力响应的认识，发展、预测海洋生态系统对全球变化响应的能力（唐启升等，2005）。

目前，海洋生态动力学数值模型的应用主要体现在以下几个方面：海域生态要素年际、季节变化的数值再现及响应机制的分析；海域生产力估算，以及相对处于高级食物链渔业资源的预报；海域生源要素通量的计算，海洋固碳能力的研究及与全球变暖的相关探索；赤潮预测预警、水体低氧区的形成机制等海洋环境保护方面面临的课题。

海洋生态系统的传统研究方式是现场调查和理论分析。海洋调查对人力物力的要求较高，加上观测因素的复杂性和观测条件的限制，现场调查难以获得海洋空间上同步的实测数据。理论分析试图通过数理方程组表达海洋生态系统的物理规律，但由于影响系统的理化因素和生物特征过于纷杂，只能获得一些简化的理想状态的解析解。今天，以理论分析为指导，以现场调查的客观性数据为支持，借助强大的科学计算能力，通过建立和开展海洋生态模型的数值分析，结合可以研究各种尺度海洋的生态过程变化规律以及物理过程对生态系统的强迫作用。

基于此, 本文建立了三维海洋生态动力学模式, 针对北部湾生态系统、生态过程的变化规律和响应机制进行研究。海洋生态系统动力学模型的建立不仅可以用于定量地描述生态系统内物种间的捕食与被捕食的关系, 而且强调了物理环境对生态系统的影响。通过模型可以更好地认识多尺度的物理过程以及界面通量对于海洋生态系统的强迫作用, 对确定营养盐输送通道及评估其对海洋生态系统的影响进行辅助分析。

## 1.2 海洋生态动力学模型研究进展

海洋生态系统模型是一种将各“阶层”的营养物质和生物的分布与变化、有机物的产生与摄食条件、摄食与环境变化互相关联的方法, 该系统模型提供了一种将关键物理过程、生物过程定量化研究的途径(唐启升等, 2002), 是对实际海洋生态系统的一种数学抽象化的简化描述, 是定量描述和分析海洋生态系统中各级资源量行之有效的科学工具。其显著特点是: (1) 能够综合考虑各种生态、环境因子的影响; (2) 能够定量化描述生态过程, 阐明生态机制和规律; (3) 能够动态地模拟和预测自然发展的趋势(陈长胜, 2003)。

### 1.2.1 模型分类及国外研究进展

海洋生态动力学模型的研究, 国外始于 20 世纪 40 年代, Riley 和 Stommel 等(1949)建立了第一代生态动力学模型, 对浮游植物和浮游动物进行了模拟。随着计算条件的改善, 生态模型有了较大的发展, 考虑的状态变量逐渐增多, 时间分辨率也有显著提高, 相继出现了 NP、NPZ、NPD、NPZD、NPZDB 等模型。20 世纪 90 年代以来, 该研究领域的进展主要体现在海洋生物地球化学循环的物理输送和生态动力学过程以及年际、年代际变动的模拟 3 个方面(商少凌等, 2004)。差不多在同时期, 国内受到这些主要进展的启发, 结合我国近海海域的现状, 开始重视海洋生态动力学方面的研究, 并加以发展和完善。

海洋生态动力学模型的分类方法, 可以依据科学目的、研究对象的时间与空间特征以及数值求解方法等的不同予以区别和划分。从所研究生态系统的空间处理出发, 可分为: 箱式模型、一维模型、二维模型(包括水柱模型)和三维模型。

(1) 箱式模型: 针对所研究的区域, 按照其相应的水文及生态特性, 在空

间上划分为一个或多个箱子。箱子内部所有生态变量是均一的，箱子之间及箱子与外界可以有物质交换。箱式模型的优点是简便易行，便于为区域海洋生态系统的管理提供科学依据。缺点是不便于进行动力机制研究，且一般空间分辨率缺失或较低，这一方法一般适用于半封闭海湾或区域海洋等。这种模型中，较有代表性的是欧洲区域海洋生态模型(Euroean Regional Sea Ecosystem Model, ERSEM) (Baretta, 1995)，它将整个北海分成 15 个箱，深水区分上下两个箱，考虑了 2 种浮游植物、5 种营养盐、以及浮游动物、鱼类、底栖生物等共 51 个状态变量。Varela 等(1995)用 ERSEM 模型计算了北海 15 个箱 4 个季节的生物量和硅藻、鞭毛藻的初级生产力，营养盐的模拟结果与实测吻合良好，并指出北海初级生产力受硅藻和鞭毛藻对无机氮的竞争及浮游动物的摄食作用影响较大。Lenhart 等(1997)进行了更深入的研究，将北海细分成 137 个箱，且引入了河流和大气等外源的界面输入，生物过程更加复杂，他们以北海实际的周边河流通量和大气沉降模式驱动 ERSEM 第二代进行分析，发现近岸区河流营养盐的输入若减半，最大能使初级生产力减少 15%，而远岸区域则以大气输入为主要来源；同时发现太阳辐射较大且河流营养盐输入较小的 1989 年，其初级生产力大于太阳辐射较小营养盐输入较大的 1988 年。

(2) 一维模型：一般指对于某特定海域建立其海洋生态系统沿水深变化的垂向模式。一维模型不考虑水平输运引起的生态系统变化，重点着眼于分辨生态要素的垂直结构及变化，特别适宜于生态系统变量水平方向变化不甚明显的海区或开阔的大洋区域，常用于研究年际变化。Riley 等最早于 1949 年建立的模型就是一维模型(Riley, 1949)。Radach 等(1993)用实际气象条件驱动，模拟了北海中部 25 年间(1962~1986 年)生产力的变化，重点对温暖少风的 1963 年和寒冷多风的 1967 年进行对比，分析了各自年份的物理环境变化对初级生产力的影响。Rubao 等(2006)运用耦合生物和物理过程的垂直一维模型，对位于美国乔治海岸春季浮游植物的暴发与低营养级食物网动力学进行了研究，指出春季水华的暴发与光照强度及其向水下的穿透深度紧密相关，水华的强度则受控于营养盐的初始浓度和浮游动物的摄食压力。Leonard 等(1999)用一个含铁限制的一维模式，包含 2 种浮游植物、2 种浮游动物、2 种碎屑和 2 种营养盐，模拟太平洋中部和东赤道太平洋 1990~1994 年浮游生态系统，其中包括一个 ENSO 事件，很好地

再现了 ENSO 期间初级生产力的下降。

(3) 二维模型：通常指在水平二维空间内所建立的模型，也可包括像河口宽度平均的模型，或断面的二维模型。海洋生态系统其水平变化特征一般是十分显著的，如浮游植物的斑块分布，使用二维模型对此类问题非常有效。Franks 等（1996）建立 X-Z 方向的二维 NPZ 生态模型，研究了美国乔治滩代表性断面夏季的垂向扩散及潮流变化对浮游植物生长的影响。

(4) 三维模型用来模拟生态系统在三维空间的分布特征，对基础资料和生物过程认识的要求都比较高，模拟的难度也相对较大。目前，三维模型多仅考虑简单的生物过程（例如只包括生产、呼吸、死亡的 N、P、Z、D 模型），而重点考虑在实际气象条件驱动下的较完整的物理过程。Walsh 等（2005）用三维海洋生态动力学模型，研究了北极楚科奇海/波弗特海 2002 年浮游生物的变化和氮、硅和溶解有机碳的循环。Hanse 等（2009）耦合 HYCOM 水动力模型和三维海洋生态动力学模型 NORWECOM，对中尺度涡旋活动频繁的挪威西海岸 1995 年初级生产力的变化过程进行模拟，并讨论了不同水平网格分辨率的模拟条件对初级生产力变化的影响。Fennel 等（2008）耦合 ROMS 和包含底质反硝化作用的生态模型，模拟海底反硝化过程对美国东海岸陆架海域海-气界面碳通量的贡献，研究表明反硝化作用减少了初级生产力，使得海水  $\text{CO}_2$  分压增加、碱度降低，不利于海水吸收大气中的  $\text{CO}_2$ ，反硝化作用的增强将使海水酸化变强。Chai 等（2009）耦合 ROMS 和海洋碳循环模式（CoSINE）模拟南海海-气碳通量的季节变化，发现南海在春、夏、秋季是大气  $\text{CO}_2$  的源，而冬季是大气  $\text{CO}_2$  的汇。陈长胜等（2008）耦合 FVCOM 水动力学模型和 NPZD 模型，研究生态系统自身过程和外部负荷对乔治滩氮的营养盐年循环和初级生产力的影响，发现夏季自身的物质循环是主要的，氮需求量的 80% 源于自身的物质循环。

近几年出现的生态系统模型很多，更趋向于物理、化学与生物过程的结合。主要的发展趋势是两种，一种更侧重于生物之间的相互作用，ERSEM 是代表；另外一种海洋生态系统动力学模型侧重于突出物理与生物相互作用机制的研究，及物理场对复杂的生态系统动力学的影响。总的来说，海洋生态动力模型已由早期的生态过程简单、物理作用简化向生态过程更为复杂、海气耦合海洋三维动力过程的生态系统模型发展。

### 1.2.2 国内研究进展

我国于 20 世纪 50 年代开始海洋生态学研究。如 1958~1961 年开展的全国海洋普查, 积累了大量的现场观测调查数据。80 年代以来, 我国渤海、黄海、台湾海峡等重点海域开展了一系列调查研究, 进一步积累了大量宝贵的物理、化学、生物和地质数据资料, 推动了海洋科学的研究发展。但这些研究基本以海洋观测、监测等调查手段为主, 对各个物理、化学、生物过程的研究仍局限于单一学科领域, 缺乏多学科交叉研究, 对海洋生态系统的整体认识显得比较模糊; 与国外同行相比, 无论在数据积累量、时空覆盖面、观测与监测的生态变量数等方面, 还是在观测、监测、分析技术方面都存在较大的差距(刘桂梅等, 2003)。1995 年, 全球海洋生态系统动力学研究计划(Global Ocean Ecosystem Dynamics)纳入国际地圈生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)的核心计划, 海洋生态系统动力学研究成为海洋科学研究的国际前沿领域之一, 进而极大的推动了我国海洋生态动力学研究的发展。认识我国近海生态系统基本结构与功能, 定量研究我国近海生态系统的变化规律和控制机制, 逐步开展近海生态环境要素预报预测, 都是我们亟待解决的问题(刘桂梅等, 2003)。

国内对海洋生态模型的研究主要在胶州湾、渤海、黄海、南海、长江口、珠江口、厦门湾、台湾海峡等海域。近些年来我国学者在生态模型的研究方面也取得了诸多成果。

俞光耀等(1999)在胶州湾建立了一个箱式模型, 考虑了水温、光照、海水透明度、底质温度和溶出及陆源输入影响等物理过程, 对胶州湾浮游植物、浮游动物、无机氮和磷、颗粒有机碳、溶解有机碳、溶解氧进行了模拟。乔方利等(2000)在长江口海域建立生态模型, 并讨论了营养盐和光照对赤潮形成的影响, 对赤潮的发生进行了预测。高会旺等(2001)在渤海建立零维 NPZD 模型, 对渤海浮游生态系统初级生产力的变化进行了模拟, 并指出物理和化学环境的改变不仅能影响初级生产力的大小, 也决定了其时间分布特征。赵亮等(2002)在渤海建立生物物理耦合模型, 模拟了渤海氮磷营养盐循环, 并估算了它们的收支。刘康克等(2002)利用 NPZD 生态模型耦合 POM 水动力模型, 模拟了南海主要上升流区域叶绿素浓度的季节变化, 讨论了初级生产力的对南海季风变化的响应过程。魏皓等(2003)耦合三维水动力学模型 HAMSOM 和生态模型, 对渤海浮游



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”. Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库